

# Maqueta placa fotovoltaica de seguiment de llum

---

*Treball Fi de Grau curs 2015-16*



Alumna: Glòria Garriga Alarcón

Directora del projecte: Inmaculada Martínez Teixidor

Data: 15/01/2015

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica



## AGRAÏMENTS

Inmaculada Martínez

Manel Blanes

Enriqueta Ferreres

Jordi Cunill

Ernest Llimós

Arnau Noguera

Lluís Sánchez

Francesc Antequera

Eli Masó

Jordan Sánchez

Bilal El Khadir

Núria Sanz

I totes les persones que potser de forma menys directe també han contribuït a fer possible aquest projecte. Moltes gràcies a totes elles.



## RESUM DEL PROJECTE

El projecte es basa en la demostració de la captació d'energia d'una placa fotovoltaica policristalina, la qual segueix la llum gràcies a dos servomotors controlats a través del microcontrolador Arduino UNO. El projecte l'he estructurat en tres grans blocs:

El primer de tots és sobre el circuit que integra la placa, els leds i la pila recarregable. Aquest també conté un display de 3 i ½ que gràcies a un interruptor de palanca On-On dóna la possibilitat de mostrar la tensió de la placa o de les piles recarregables, d'aquesta manera es podrà comprovar la càrrega de les piles després d'un determinat període de temps. A més a més, gràcies a un segon interruptor de palanca On-On es pot escollir entre carregar les piles o bé encendre els LEDs.

En segon lloc, el disseny de la maqueta, que es basa en la idea del gira-sol que inclou tots els components del sistema de la placa i del control del moviment a partir del microcontrolador Arduino UNO. D'altra banda, utilitzant el programa de disseny 3D Solidworks i la impressora del centre (UPC-EPSEM), he dissenyat una caixa de fusta a mida pel transport del prototip.

El tercer i últim bloc consisteix en la programació del microcontrolador d'Arduino UNO, que permet que la maqueta segueixi el focus de llum mitjançant 4 sensors i dos servomotors.



## PROJECT SUMMARY

The project is based on the demonstration of energetic absorption by a polycrystalline solar panel, which follows the sunlight with two servomotor controlled by Arduino UNO microcontroller.

I have divided the project into three main areas:

The first one is the circuit integrating the board, the LEDs and the rechargeable battery. This also includes a display of 3 1/2 that thanks to an ON-ON lever gives the possibility to display the voltage power of the plate or rechargeable batteries, so that the charge of batteries can be checked after a certain period of time. Indeed, with a second ON-ON lever you can choose between recharging the batteries and turning on the LEDs.

Secondly, the design of the model that is based on the idea of a sunflower which includes all components of both, the board's system and the control of the movement from the Arduino UNO microcontroller. On the other side, using Solidworks 3D design software and printer of the university (UPC-EPSEMI) I have designed a bespoke wooden box in order to transport the prototype.

Finally, the third block consists on programming the Arduino UNO, which allows the model to follow the spotlight by the use of four sensors (LDR) and two servomotors.



## ÍNDEX

INTRODUCCIÓ .....	10
1.1. DESCRIPCIÓ .....	10
1.2. OBJECTIUS .....	10
2. L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	11
2.1. L'energia solar .....	11
2.2. Energia solar fotovoltaica .....	11
2.3. Història .....	12
2.4. Avantatges.....	12
2.5. Inconvenients .....	12
3. BLOC 1: CIRCUIT PLACA .....	14
3.1. DIAGRAMA DE BLOCS .....	14
3.2. CARACTERÍSTIQUES .....	14
3.2.1. PANELL FOTOVOLTAIC POLICRISTALÍ .....	14
Principi de la cel·la solar .....	14
3.2.2. VOLTÍMETRE .....	15
3.2.3. CIRCUIT DE LEDS .....	17
3.2.4. CARGADOR DE PILA (AA) .....	17
3.2.5. DISSENY PLACA PCB .....	18
4. BLOC 2: DISSENY GIRA-SOL.....	19
4.1. Gineceu .....	20
4.2. Corol·la .....	21
4.3. Conjunt gineceu i pètals .....	21
4.4. Calze .....	22
4.5. Tija.....	23
4.6. Torreta.....	24
4.7. Conjunt maqueta.....	26
5. BLOC 3: CONTROL ARDUINO .....	28
5.1. DIAGRAMA CONTROL ARDUINO .....	28
5.2. ARDUINO .....	28



5.3.	LDR – ULLS FOTOSENSIBLES.....	30
5.4.	SERVOMOTOR .....	31
5.5.	PROGRAMA ARDUINO.....	33
6.	ESPECIFICACIONS COMPONENTS .....	36
	Panel solar fotovoltaico, Policristalino, 0.446W, 4.6V .....	36
	Interrupor de palanca SPDT, Funcionamiento On-On .....	38
	Soportes para baterías Montaje Chasis para 2 (AA) tipo Muelle en Espiral .....	40
	Pilas Recargables AA, Duracell Staycharged, Níquel Metal Hidruro, 2400mAh .....	41
	Voltímetro de panel digital, Lascar, LED, Solo Dígitos, 3.5 Dígitos, DC, 0°C a +50°C.....	42
	LED Kingbright, Montaje en orificio pasante, Rojo, 660 nm, 5 mcd, 2,25 V, 60°, Serie Round, 5 mm (T-1 3/4) .....	44
	Resistencia de película de metal, TE Connectivity, 10k $\Omega$ , $\pm$ 1%, 0,6W, Axial, Serie LR1F .....	45
	PLA 3mm 1kg (ORANGE, YELLOW, LIGHT GREEN I SKY BLUE) .....	47
7.	PRESSUPOST .....	48
7.1.	BLOC 1: CIRCUIT PLACA .....	48
7.2.	BLOC 2: DISSENY GIRASOL .....	48
7.3.	BLOC 3: CONTROL ARDUINO .....	49
7.4.	PRESSUPOST TOTAL.....	50
8.	CONCLUSIONS .....	51
8.1.	Objectius complerts.....	51
8.2.	Propostes de millora.....	51
8.3.	Valoració personal.....	51
9.	BIBLIOGRAFIA.....	52
	Bibliografía .....	52



## ÍNDEX DE IMATGES

Imatge 1: Components de la radiació solar terrestre total.....	11
Imatge 2: Estructura esquemàtica de la cel·la fotovoltaica .....	11
Imatge 3: Diagrama de blocs circuit placa .....	14
Imatge 4: Estructura àtom de sil·lici .....	14
Imatge 5: Formació de la zona de la barrera interna de potencial. ....	15
Imatge 6: Circuit dimensionament de la tensió.....	16
Imatge 7: Circuit Display amb subministrament flotant .....	16
Imatge 8: Circuit led .....	17
Imatge 9: Part i símbol del LED.....	17
Imatge 10: Diagrama de la càrrega d'una bateria de cel·les secundàries. ....	18
Imatge 11: Gineceu (vistes superior i inferior) .....	20
Imatge 12: Gineceu detall obertura LDR i R (vistes superior i inferior) .....	20
Imatge 13: Gineceu complet amb circuit LDR+R soldat.....	20
Imatge 14: Pètals vista superior .....	21
Imatge 15: Pètals vista inferior.....	21
Imatge 16: Conjunt gineceu i pètals vista superior .....	21
Imatge 17: Conjunt gineceu i pètals (vista trimètrica).....	22
Imatge 18: Calze part inferior.....	22
Imatge 19: Calze vista trimètrica .....	22
Imatge 20: Calze vista superior .....	23
Imatge 21: Tija vista trimètrica.....	23
Imatge 22: Tija vista inferior.....	24
Imatge 23: Tija vista superior .....	24
Imatge 24: Torreta vista lateral .....	25
Imatge 25: Torreta vista superior .....	25
Imatge 26: Torreta vista inferior .....	26
Imatge 27: Torreta detalla obertura.....	26
Imatge 28: Conjunt maqueta .....	27
Imatge 29: Placa microcontrolador Arduino UNO.....	28
Imatge 30: Alimentació de l'Arduino UNO .....	28
Imatge 31: Funcions especialitzades dels pins analògics.....	30
Imatge 32: Símbol i forma física del LDR .....	30
Imatge 33: Esquema divisor de tensió.....	31
Imatge 34: Equació divisor de tensió.....	31
Imatge 35: Servomotor .....	31
Imatge 36: Circuit intern servomotor .....	32
Imatge 37: Senyal exemple servo.....	32
Imatge 38: Control de posició del servo .....	32
Imatge 40: Panell solar fotovoltaic.....	36
Imatge 41: Interruptor de palanca .....	38
Imatge 42: Dimensions interruptor de palanca .....	39



Imatge 43: Portabateries per 2 (AA).....	40
Imatge 44: Piles recarregables AA.....	41
Imatge 45: Voltímetre de panell digital.....	42
Imatge 46: Dimensions voltímetre de panell digital.....	42





## ÍNDIX DE TAULES

Taula 1: FSR .....	16
Taula 2: Pins d'alimentació .....	29
Taula 3: Funcions especialitzades dels pins digitals .....	29
Taula 4: Especificacions panell solar fotovoltaic .....	37
Taula 5: Especificacions interruptor de palanca .....	39
Taula 6: Especificacions portabateries .....	40
Taula 7: Piles recarregables AA .....	41
Taula 8: Especificacions PLA 3mm 1kg .....	47
Taula 9: Pressupost circuit placa .....	48
Taula 10: Pressupost disseny gira-sol .....	49
Taula 11: Pressupost control arduino .....	49
Taula 12: Pressupost total maqueta .....	50



## INTRODUCCIÓ

### 1.1.DESCRIPCIÓ

La idea de la maqueta solar fotovoltaica va sorgir de la necessitat de fer una maqueta que fos atractiva pels alumnes de la ESO i Batxillerat i que tingués relació amb la llum i alguna energia renovable. A partir d'aquí, pensant en quelcom que tingués la base circular, ja que l'espai que acabarien utilitzant l'estructura de servomotors seria semiesfèrica. Com que el meu objectiu era una maqueta que seguís la llum vaig decidir-me pel gira-sol. El gira-sol com a flor, té la condició natural de seguir la llum solar i incloent l'energia solar fotovoltaica i la seva demostració.

Per la realització del projecte he decidit organitzar-me en tres grans blocs.

El primer bloc ha estat el circuit de la placa, ja que delimita totes les mesures de disseny tant estructural com electrònic. El circuit esmentat integra la placa, dos interruptors, un display, piles recarregables i 3 leds cadascun amb una resistència en sèrie.

El segon bloc inclou el disseny del gira-sol. Aquest està realitzar a mida pels components que integra. Començant pel cap del gira-sol la placa delimita el gineceu. Els pètals sols tenen funció decorativa, en canvi, el calze fa de suport del conjunt del gineceu i els pètals. La impressió ha estat lenta, limitada per les condicions de la impressora 3D de la universitat. I finalment el muntatge i acabats amb la resina epoxy especial per peces d'impressió 3D que permet amagar els defectes. A part, he realitzat una caixa de fusta pel transport.

I en últim bloc trobem el control del moviment del gira-sol, guiat per dos servomotors que es mouen a raó de la intensitat lumínica que reben els 4 sensors de llum (LDR) situats al gineceu. El program de l'Arduino té en compte la situació en cada moment dels dos servos i consultant el valor dels sensors de llum modifica la seva posició.

### 1.2.OBJECTIUS

L'objectiu principal del projecte és, a partir de la maqueta, crear l'atenció dels alumnes de la ESO i Batxillerat en les fires d'estudiants i altres esdeveniments en que es dona a conèixer l'escola. També ser una eina educativa que pretén demostrar les possibilitats de l'enginyeria. Per això un objectiu principal és aconseguir un bon acabat de disseny.

Un altre objectiu marcat és que la maqueta faci el seguiment de la llum. De forma que en la seva variació la maqueta la segueixi.

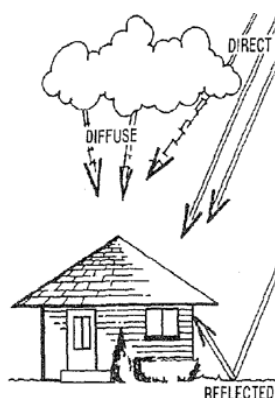


## 2. L'ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

### 2.1.L'energia solar

L'energia solar és l'energia nuclear que es produeix al Sol, que funciona com un reactor nuclear de fusió gegant natural, fusionant àtoms cada vegada més grans. El Sol irradia calor (energia tèrmica), llum i radioactivitat. Només una part de la irradiació solar que incideix en l'atmosfera terrestre aconsegueix traspasar-la i incidir en la superfície de la Terra. Per això es distingeixen 3 components de la irradiació solar terrestre:

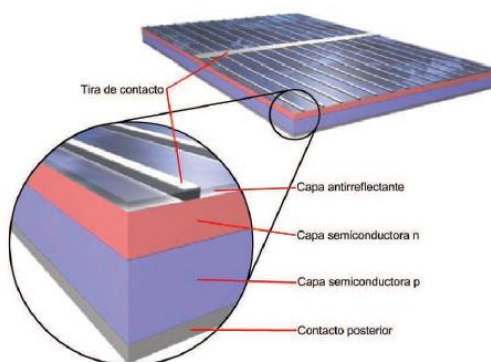
- Radiació Solar Directa: És la radiació que incideix directament del Sol.
- Radiació Solar Difusa: És la radiació dispersada per els agents atmosfèrics (núvols, pols, etc).
- Radiació Solar Reflectida: És la radiació reflectida pel terra o pels objectes propers.



Imatge 1: Components de la radiació solar terrestre total

### 2.2.Energia solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica és una font d'energia renovable que produeix electricitat a partir de la radiació solar mitjançant panells fotovoltaics. Els panell fotovoltaics són dispositius semiconductors i són capaços de generar energia sota la influència de la llum i la calor. L'estructura esquemàtica de la cel·la fotovoltaica és:



Imatge 2: Estructura esquemàtica de la cel·la fotovoltaica



Els tipus de cel·les solars es poden classificar en tres grups segons la matèria primera: monocristal·lines, policristal·lines i cel·les de capa fina.

En el grup de les plaques fines es troben les cel·les amorfes de silici i les fabricades amb altres materials com el teluri de cadmi (CdTe), el diseleniur de coure i indi (CIS) o el arseniur de gal·li (GaAs). Fins a l'actualitat s'han imposat les cel·les solars de silici.

## 2.3.Història

El terme "fotovoltaic" es va començar a utilitzar al Regne Unit l'any 1849. Prové del grec φῶς: phos, que significa "llum", i de -voltaic, que prové del àmbit de l'electricitat, en honor al físic italià Alessandro Volta.

L'efecte fotovoltaic va ser reconegut per primera vegada deu anys abans el 1839, pel físic francès Alexandre-Edmond Becquerel, però la primera cel·la solar no es va fabricar fins el 1883. El creador fou Charles Fritts, va recobrir una mostra de seleni semiconductor amb una capa de molt fina d'or. Aquest primer dispositiu tenia una eficiència de l'1%, però va demostrar de forma pràctica que era possible produir electricitat amb llum.

Més tard al segle XIX, els estudis realitzats per Michael Faraday, James Clerk Maxwell, Nikola Tesla i Heinrich Hertz sobre inducció electromagnètica, forces elèctriques i ones electromagnètiques, i també els de Albert Einstein en 1905, van proporcionar la teoria de l'efecte fotoelèctric, que és el fonament de la conversió d'energia solar a electricitat.

En l'actualitat el rendiment de les cel·les fotovoltaïques es troba entre el 22% (Monocristal·lines) i 10% (amorfes).

## 2.4.Avantatges

El principal avantatge de l'energia solar fotovoltaica és que és una font d'energia renovable, els seus recursos són il·limitats. Gràcies a que no produeix cap emissió contaminant respecte al medi ambient. A més a més els costos d'operació són molt baixos, el manteniment és senzill i de baix cost, a part, els mòduls tenen un període de vida fins de 20 anys. És fàcilment integrable en les estructures de construccions noves o existents. A part té l'avantatge de que es poden fer panells fotovoltaics de totes les mides. El transport de tot el material és pràctic i el cost disminueix a mesura que la tecnologia va avançant. És un sistema d'aprofitament d'energia idoni per a zones on no arriba l'electricitat i els panells fotovoltaics són nets i silenciosos.

## 2.5.Inconvenients

Els principals inconvenients de l'energia solar fotovoltaica són els costos de configuració, que són alts i requereixen d'una gran inversió inicial. A més a més els llocs on hi ha major radiació solar són llocs desèrtics i allunyats de les ciutats i per recollir energia solar a gran escala es requereixen grans extensions de terreny. A part de moment hi ha manca d'elements emmagatzemadors d'energia econòmics i fiables. També cal dir que solar és una font d'energia

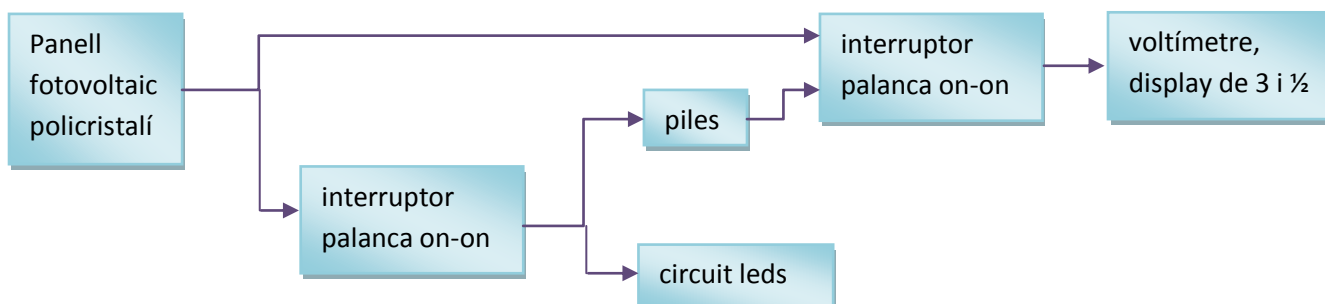


difusa, la llum solar és una energia de baixa densitat, posseeix certes limitacions pel que fa al consum, de manera que no usa més energia de l'acumulada en períodes en què no hi hagi sol.



### 3. BLOC 1: CIRCUIT PLACA

#### 3.1. DIAGRAMA DE BLOCS

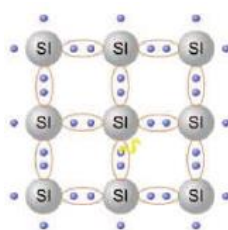


Imatge 3: Diagrama de blocs circuit placa

#### 3.2.1. PANELL FOTOVOLTAIC POLICRISTALÍ

##### Principi de la cel·la solar

Majoritàriament les cel·les solars es fabriquen que silici, segon element que apareix amb més freqüència a la capa terrestre. Un àtom de silici posseeix quatre electrons de valència. En un cristall de silici, cada dos electrons d'àtom contigu s'uneixen en un enllaç covalent. En aquest estat el cristall de silici no és conductor elèctric, ja que no disposa d'electrons lliures per transportar la càrrega. Malgrat això, quan es sotmet a energia lumínica o tèrmica, els electrons absorbiran aquesta energia i si arriba a una magnitud suficient, els electrons podran abandonar els seus enllaços covalents i moure's lliurement en el silici. En conseqüència, l'electró abandona el seu lloc original que ocupava en la xarxa cristal·lina, nominat electró defecte o forat. D'aquesta manera el silici és conductor de corrent (connectivitat intrínseca, pròpia dels semiconductors). En el moment que deixa de rebre llum o calor l'electró retornaria l'energia absorbida i retornaria a l'esplai lliure.

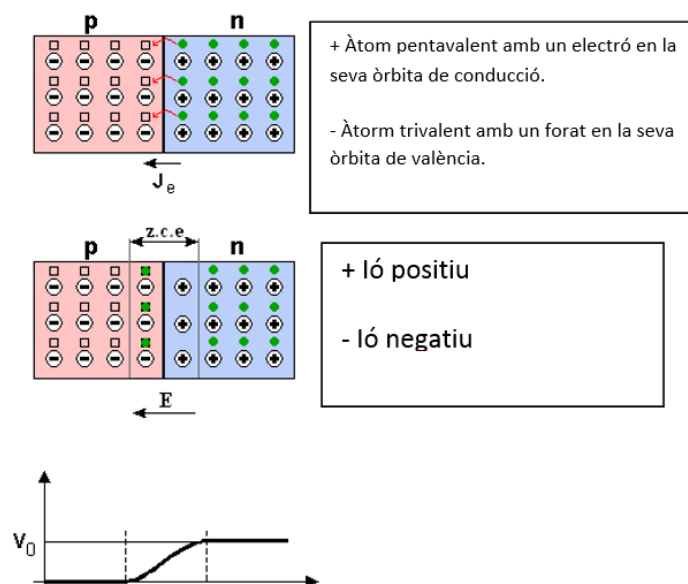


Imatge 4: Estructura àtom de sil·lici

Sols es podran separar entre sí els electrons de forat si es crea camp elèctric. En els semiconductors aquest camp elèctric es pot generar a partir de la introducció d'àtoms que provoquen una pertorbació. Amb aquest objectiu s'integren en una zona determinada àtoms de cinc electrons. Aquesta zona es denomina semiconductor o dopatge N, ja que, en comparació amb la xarxa cristal·lina pura del silici, conté una càrrega lleugerament negativa.



Per contra en una altra zona s'introdueixen àtoms de tres electrons. Aquesta zona es denomina semiconductor o dopatge P, ja que en comparació amb la xarxa pura de silici conté una càrrega lleugerament positiva. Si els semiconductors N i P es troben junts directament, entre els seus límits s'estableix la unió P-N i on s'hi genera el camp elèctric. Aquesta zona també es nomena regió de càrrega espacial.



Imatge 5: Formació de la zona de la barrera interna de potencial.

### L'efecte fotovoltaic

Si la llum incideix en la retícula cristal·lina de la cel·la fotovoltaica, l'energia lluminosa es transmet a la retícula. Aquesta energia excita els àtoms de la xarxa cristal·lina i, en conseqüència es formen parts d'electrons i forats. Quan té lloc fora de la unió P-N, els parells d'electrons i forats es recombinen de nou ràpidament. Dins de la unió P-N, els parells d'electrons i forats es separen degut l'acció del camp elèctric de la unió. La capa semiconductora N absorbeix els electrons i la capa P atrau els forats, així doncs augmenta la tensió de la cel·la fotovoltaica. Conseqüentment fluirà corrent elèctrica si se li connecta una càrrega.

#### 3.2.2. VOLTÍMETRE

El display seleccionat és el model OEM 1b led de LASCAR. Aquest display ja és un voltímetre que llegeix entre  $\pm 200mV$  entre els pins 3 (IHI) i 4 (ILO). Com que volem mesurar la tensió entre les bornes de la placa fotovoltaica de 3,3V de voltatge màxim i les piles de 1,2V necessitem que pugui mesurar mínim 3.3V. Veure en Taula 1: FSR.

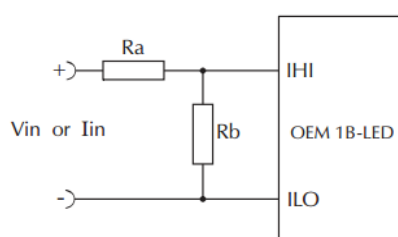


	FSR	Ra	Rb
Voltage Vin	2V	910k	100k
	20V	1M	10k
	200V	1M	1k
	2000V*	1M	100R
Current Iin	200μA	0R	1k
	2mA	0R	100R
	20mA	0R	10R
	200mA	0R	1R

\*Ensure that Ra is rated for high voltage use.

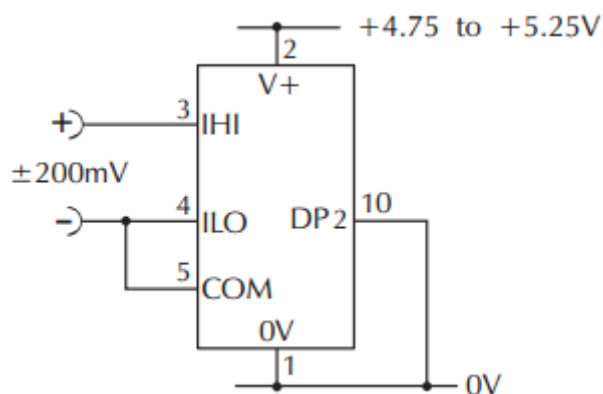
Taula 1: FSR

Seleccionem el FSR a 20 i utilitzem les dues resistències per escalar la tensió: On  $Ra = 1M$  i  $Rb = 10k$ .



Imatge 6: Circuit dimensionament de la tensió

Així doncs el circuit del display serà:



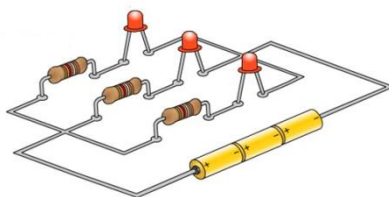
Imatge 7: Circuit Display amb subministrament flotant

Connectem DP2 (pin 10) a 0V per tenir 19.99V i el display disposa d'una alimentació externa de 5V.



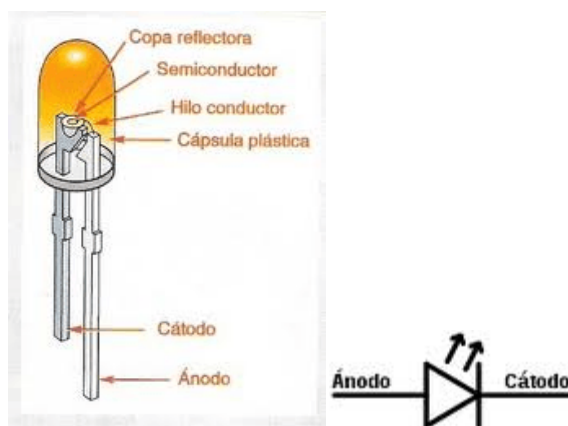


### 3.2.3. CIRCUIT DE LEDS



Imatge 8: Circuit led

El led és un díode que en polaritat directe emet llum. En canvi en polaritat inversa el díode no condueix i té el comportament d'un circuit obert.



Imatge 9: Part i símbol del LED

El Led treballa a 2V per això es protegeix amb col·locant una resistència en sèrie quan superem la tensió esmentada.

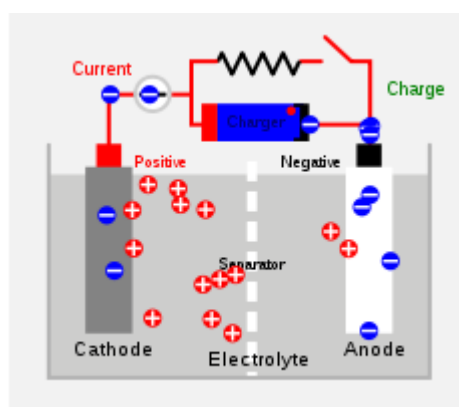
### 3.2.4. CARGADOR DE PILA (AA)

Les bateries recarregables utilitzen reaccions electroquímiques que són elèctricament reversibles, de manera que:

Quan la reacció genera corrent elèctric, s'esgoten els materials de la pila. De forma inversa necessita corrent elèctric per regenerar els materials consumits.

Las bateries recarregables tenen diferents mides i utilitzen diferents combinacions de productes químics. Les piles més utilitzades són les de plom-àcid, la de níquel-cadmi (NiCd), la de níquel-metal hidrur (NiMH), la de ions de liti (Li-ion), i la de polímer de ions de liti (polímer de Li-ion).

Durant la càrrega, el material actiu de l'elèctrode positiu s'oxida, alliberant electrons, i el material de l'elèctrode negatiu és reduït, captant els elèctrons. Aquests elèctrodes formen el corrent elèctric que travessa el circuit extern. L'electròlit pot servir com a medi de transport pel flux d'ions entre els elèctrodes o pot ser participant actiu en la reacció electroquímica.



Imatge 10: Diagrama de la càrrega d'una bateria de cel·les secundàries.

### 3.2.5. DISSENY PLACA PCB

Per realitzar el circuit en una placa PCB he utilitzat el programa de disseny Eagle, que facilita el document gerber que llegeix la màquina del departament d'electrònica del centre (UPC-EPSEM). Veieu tots els fitxers necessaris pel disseny de la placa a Annex 4: Disseny placa PCB.



#### 4. BLOC 2: DISSENY GIRA-SOL

Inicialment tenint en compte les característiques i limitacions de la impressora 3D de la universitat i tenint clar els components del circuit que s'han d'integrar tenim:

Una impressió amb un sol color per peça i unes dimensions màximes de 180mm x 180mm x 180mm. Per aquest motiu el disseny és un puzzle de peces. Cada part de color diferent s'adapta amb la següent per poder encaixar i completar la flor. La densitat de la impressió és 1 g/cc. Els colors que he seleccionat són: groc, pels pètals, taronja, pel gineceu, verd, per la tija i calze, i blau per la torreta.

La idea del gira-sol en una torreta és per la seva condició natural de seguiment de la llum. En el disseny podem observar el perfil de la flor i al mateix temps deixa entreveure l'electrònica que la integra. La torreta és completa i s'obre de forma que en el seu interior es pot observar la placa PCB i el microcontrolador Arduino.

El disseny de les parts de la flor: cap i tija. El cap està dissenyat de forma que el gineceu integra la placa fotovoltaica, els 4 LDR i les 4 resistències de cadascun i és de color taronja. El conjunt de pètals són 3 peces idèntiques de color groc, cada una amb 8 pètals superiors i 8 pètals inferiors. Junes formen la circumferència i s'adapten al gineceu. La tija, de color verd, integra els 2 servomotors i sols cobreix la meitat de la secció. Però no s'encaixen unes amb les altres per poder alliberar el moviment de cada servomotor, per això cada fracció de tija està adjacent al servomotor.

La torreta de color blau, és el suport de tota l'estructura. En un lateral s'observa amb una finestra la placa Arduino UNO amb la PCB del circuit de la placa, les piles recarregables amb el seu suport, un display mostrant els volts generats i el port d'alimentació externa. Just a sobre de la finestra es situen els dos interruptors de palanca On-On amb serigrafia per indicar a l'usuari les opcions (interruptor del display: mostra la tensió de la placa o de les piles; i interruptor placa: carrega les piles o encén els leds).

El procediment per obtenir les peces ha estat el següent: primer de tot realitzar el disseny en 3D de les peces amb el programa de disseny Solidworks, en segon lloc guardar el fitxer en format ".STL". Tot seguit passar-lo pel programa "netfabb" per ubicar en l'origen de les coordenades. I per últim, generem el document gcode que llegeix la impressora passant per l' "Slicer" on s'indica la qualitat de la impressió, la densitat, les capes d'acabat i la velocitat.

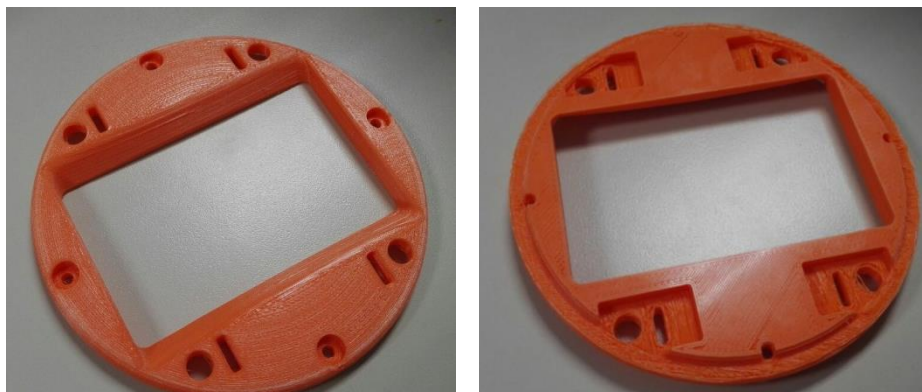
Per aconseguir un bon acabat de les peces impreses en 3D i amagar els defecte que les vibracions de la impressora mostra en la peça, he pintat totes les peces amb resina epoxy especial per aquest ús.

Per últim, he dissenyat una caixa de fusta pel transport. Aquesta inclou una guia perquè la maqueta es mantingui subjectada a la base també de fusta collada a la torreta. A part un fullola a l'altura del calze de la flor per impedir el moviment.

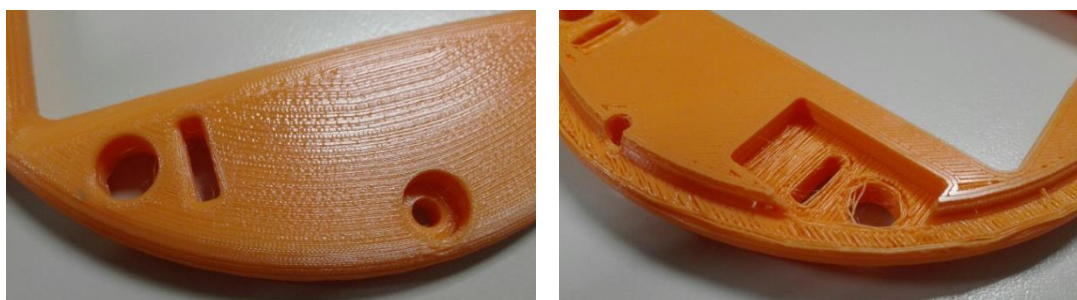


Com a detall hi ha gravat el títol del projecte. I en un racó per simplificar l'alimentació de l'arduino i servomotors la mateixa base integra el suport de 2 endolls i interruptors.

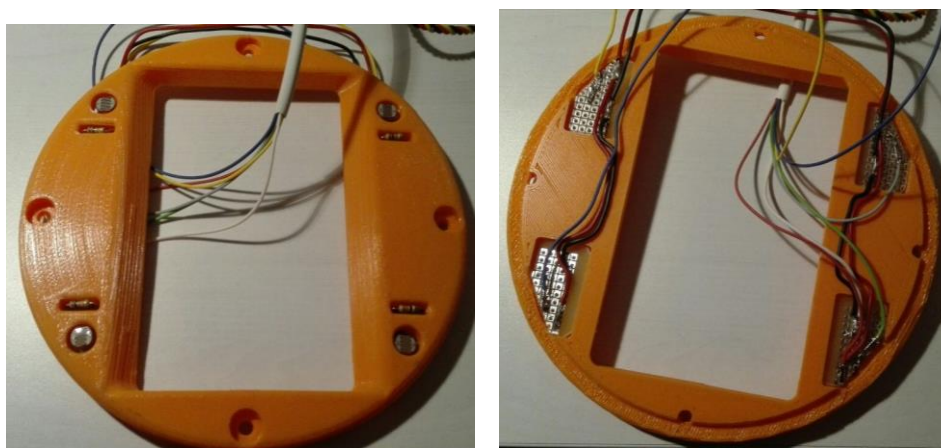
#### 4.1. Gineceu



Imatge 11: Gineceu (vistes superior i inferior)



Imatge 12: Gineceu detall obertura LDR i R (vistes superior i inferior)



Imatge 13: Gineceu complet amb circuit LDR+R soldat.



## 4.2. Corol·la



Imatge 14: Pètals vista superior



Imatge 15: Pètals vista inferior

## 4.3. Conjunt gineceu i pètals



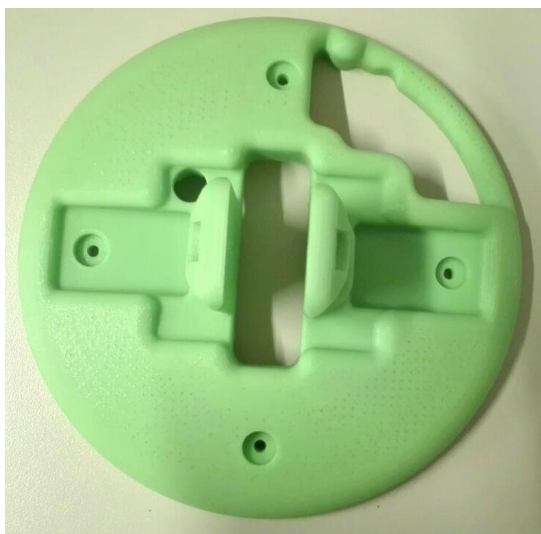
Imatge 16: Conjunt gineceu i pètals vista superior



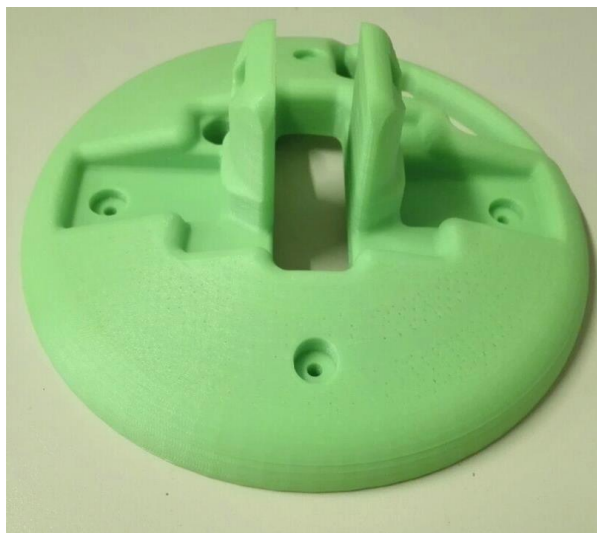


Imatge 17: Conjunt gineceu i pètals (vista trimètrica)

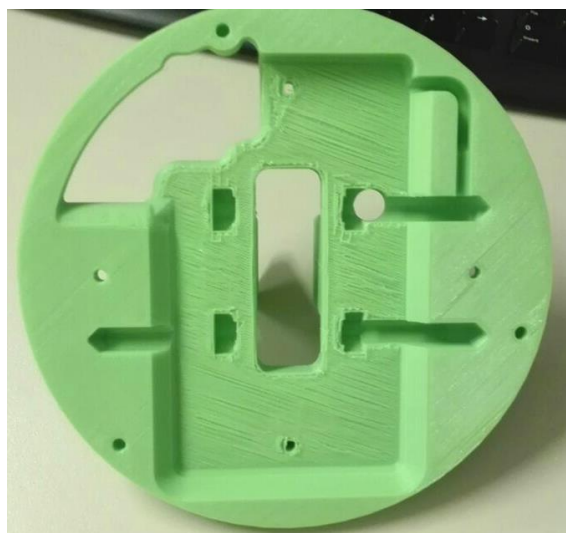
#### 4.4. Calze



Imatge 18: Calze part inferior



Imatge 19: Calze vista trimètrica

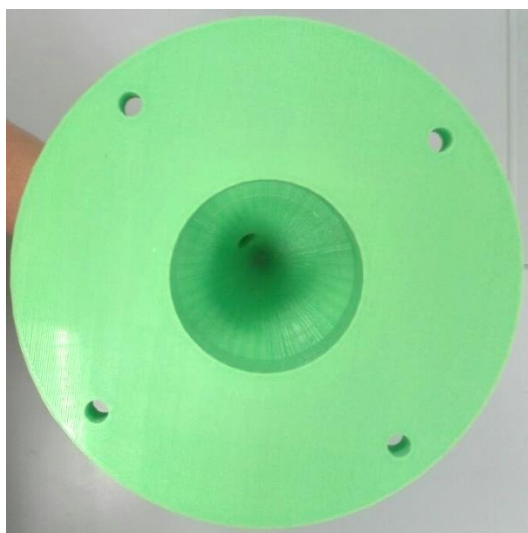


Imatge 20: Calze vista superior

#### 4.5.Tija



Imatge 21: Tija vista trimètrica



Imatge 22: Tija vista inferior



Imatge 23: Tija vista superior

#### 4.6.Torreta

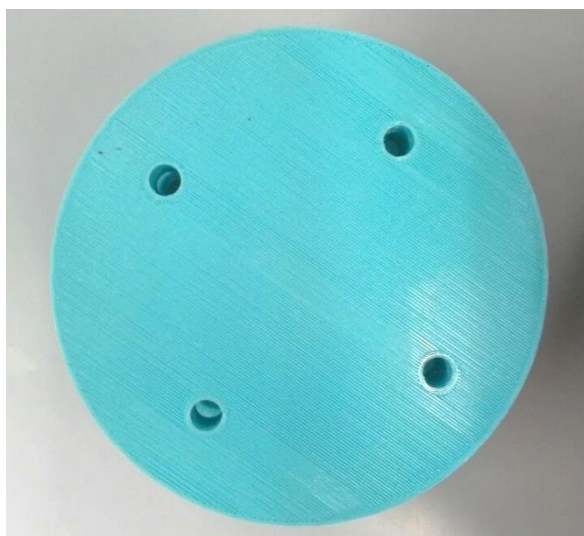




Imatge 24: Torreta vista lateral



Imatge 25: Torreta vista superior



Imatge 26: Torreta vista inferior



Imatge 27: Torreta detalla obertura

#### 4.7.Conjunt maqueta

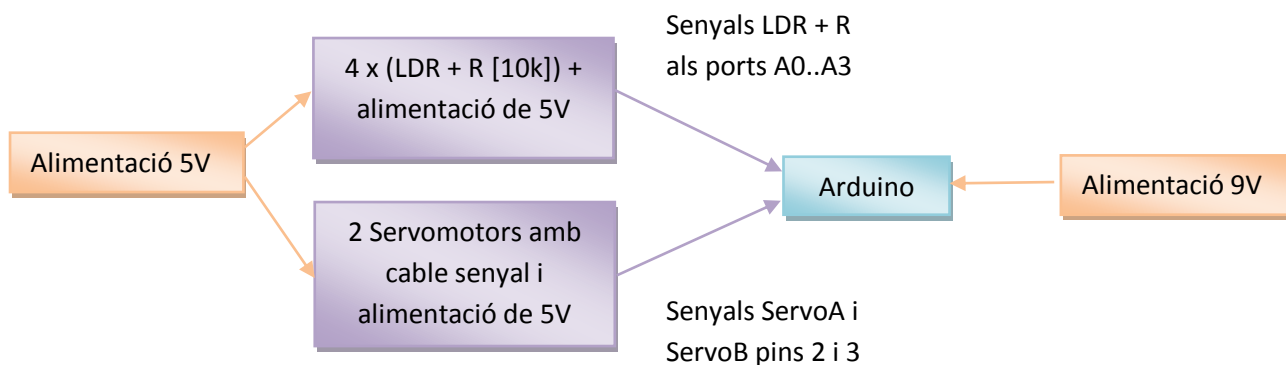


Imatge 28: Conjunt maqueta



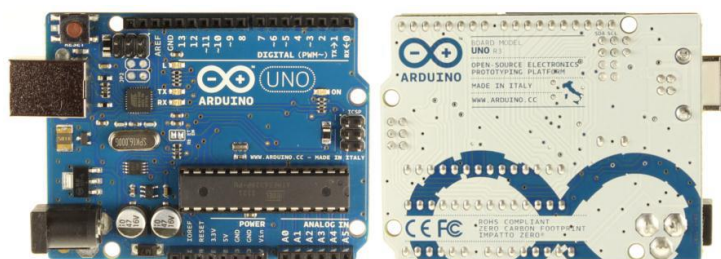
## 5. BLOC 3: CONTROL ARDUINO

### 5.1.DIAGRAMA CONTROL ARDUINO



### 5.2.ARDUINO

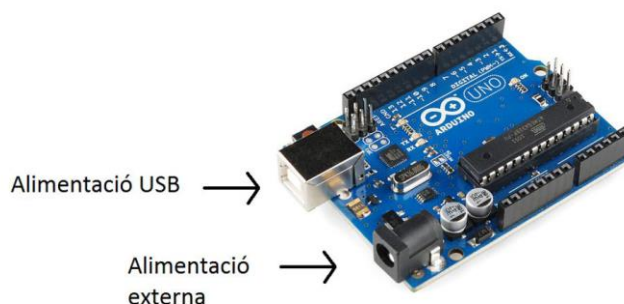
Arduino es una plataforma oberta de Hardware i Software que permet realitzar una programació en llenguatge d'alt nivell basada en C++.



Imatge 29: Placa microcontrolador Arduino UNO

L'Arduino UNO pot ser alimentat a través de la connexió USB o amb una font d'alimentació externa. La font d'alimentació es selecciona automàticament.

Com a font d'alimentació externa es pot utilitzar un adaptador d'AC-DC o una bateria. L'adaptador es pot connectar a un endoll de 2,1 mm de centre positiu en el connector d'alimentació de la placa.



Imatge 30: Alimentació de l'Arduino UNO

La targeta requereix d'un subministrament extern de 6 a 20 volts per al seu funcionament. Malgrat que si es proporcionen menys de 7V, el pin de 5V es pot veure



afectat, subministrant menys voltatge. En canvi, si es subministren més d'12V, el regulador de voltatge es pot sobreescalfar i fer mal bé danyar la placa. Per tant el rang recomanat és de 7 a 12 volts. En la maqueta utilitzem un alimentador de 9V.

Tenim els següents pins d'alimentació:

<b>VIN</b>	Voltatge d'entrada a la placa Arduino quan es vulgui utilitzar una font d'alimentació externa.
<b>5V</b>	Aquest pin és una sortida regulada de 5V de la placa. La placa pot ser alimentada ja sigui des de la presa de corrent continu (7-12V), el connector USB (5V) o el passador de VIN del tauler (7-12V). S'ha d'evitar alimentar la placa amb els pins 5V o 3.3V, ja que això la pot danyar, perquè no passa pel regulador.
<b>3V3</b>	Subministrament de 3,3 volts generats pel regulador de la placa. El drenatge actual màxim és de 50 mA.
<b>GND</b>	Pins de terra.
<b>IOREF</b>	Pin de la placa Arduino que proporciona la referència de tensió amb la qual opera el microcontrolador.

Taula 2: Pins d'alimentació

## ENTRADES I SORTIDES DIGITALS

L'Arduino UNO disposa de 14 pins digitals E/S. Es poden utilitzar a 5V i un màxim de 40mA com entrada o sortida amb les funcions: `digitalRead ()`, `pinMode ()`, `digitalWrite`. A part cada pin disposa d'una resistència pull-up interna (desconnectada per defecte) de 20 a 50 KΩ.

Funcions especialitzades dels pins:

<b>Sèrie: 0 (RX) i 1 (TX)</b>	S'utilitza per a la recepció (RX) i transmissió (TX) de dades en sèrie TTL.
<b>Interrupcions externes: 2 i 3</b>	Aquests pins poden ser configurats per activar una interrupció en un valor baix, un flanc ascendent o descendent, o un canvi en el valor. Veure la funció <code>attachInterrupt ()</code> per més detalls.
<b>PWM: 3, 5, 6, 9, 10, i 11</b>	Aquests pins poden proporcionar sortida PWM de 8 bits amb la funció <code>analogWrite ()</code> .
<b>SCI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)</b>	Aquests pins suporten la comunicació SPI usant la llibreria SCI.
<b>LED: 13</b>	L'Arduino UNO incorpora un LED connectat al pin digital 13. Quan el pin té un valor alt, el LED està encès, quan el valor és baix, està apagat.

Taula 3: Funcions especialitzades dels pins digitals



## ENTRADES ANALÒGIQUES

L'Arduino UNO disposa de 6 entrades analògiques, etiquetades des d'A0 a A5. Cada entrada proporciona 10 bits de resolució, és a dir, 1.024 valors diferents. Per defecte es mesuren des de terra (GND) a 5 volts, encara que és possible canviar l'extrem superior del seu rang amb el pin AREF i la funció `analogReference()`.

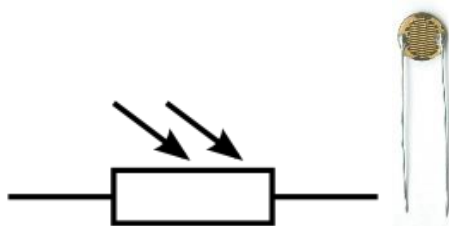
Altres funcions especialitzades dels pins analògics:

<b>TWI: A4 o A5 i el pin SDA i SCL</b>	Donar suport a la comunicació I2C/TWI usant la llibreria <code>Wire</code> .
----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

Imatge 31: Funcions especialitzades dels pins analògics

## 5.3.LDR – ULLS FOTOSENSIBLES

### Fotoreistència - Ulls fotosensibles



Imatge 32: Símbol i forma física del LDR

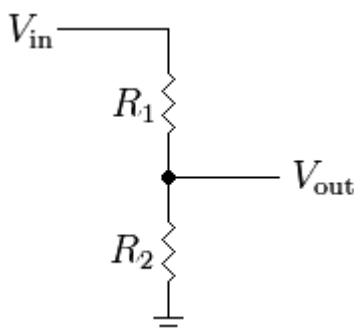
La LDR és un dispositiu electrònic semiconductor que té la propietat de variar el seu valor en funció de la intensitat de la llum incident. En presència d'una gran intensitat de llum la seva resistència elèctrica es redueix a l'ordre dels 100  $\Omega$ . Per contra a les fosques, la seva resistència augmenta a l'ordre de 10 M $\Omega$ .

Una fotoreistència està feta d'un semiconductor d'alta resistència. En el moment que la llum que incideix supera certa freqüència en el dispositiu, els fotons absorbits pel semiconductor donen als electrons lligats l'energia suficient per saltar a la banda de conducció. L'electró lliure que en resulta (i el seu forat associat) condueix l'electricitat, disminuint així la resistència. Un dispositiu fotoelèctric pot ser intrínsec o extrínsec.

- En els dispositius intrínsecs, els únics electrons disponibles estan en la banda de la valència, per tant el fotó ha de tenir prou energia per a excitar un electró a través de tota la banda prohibida.
- Els dispositius extrínsecs tenen impureses afegides, que tenen energia d'estat més proper a la banda de conducció, ja que els electrons no han de saltar lluny, els fotons amb menys energia (és a dir, els de major longitud d'ona i freqüència més baixa) són suficients per activar el dispositiu.



## Divisor de tensió



Imatge 33: Esquema divisor de tensió

La combinació de LDR i R ens permet utilitzar el principi del divisor de tensió. Aquest ens permet reduir el voltatge d'entrada  $V_{in} = 5V$  i segons la variació de la resistència de LDR obtenim un  $V_{out}$  o un altre seguit la fracció següent:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

Imatge 34: Equació divisor de tensió

## 5.4.SERVOMOTOR



Imatge 35: Servomotor

Un Servo és un dispositiu de mida petita que té un eix de rendiment controlat. Aquest pot ser dirigit a posicions angulars específiques en enviar un senyal codificat. Per tal que un senyal codificat existeixi en la línia d'entrada, el servo mantindrà la posició angular de l'engrenatge. Quan l'assenyala codificada canvia, la posició angular dels pinyons canvia. A la pràctica, s'usen servos per posicionar superfícies de control com el moviment de palanques, petits ascensors i timons. També s'utilitzen en radio control, titelles, i per descomptat, en robots.

### Funcionament

El motor del servo té alguns circuits de control i un potenciòmetre aquesta està connectada a l'eix central del servo motor. Aquest potenciòmetre permet al circuit de





control supervisar l'angle actual del servo motor. Si l'eix està en l'angle correcte, llavors el motor està apagat. Si el circuit revisa que l'angle no és el correcte, el motor girarà en la direcció adequada fins a arribar a l'angle correcte. L'eix del servo és capaç d'arribar al voltant dels 180 graus. Normalment, en alguns arriba als 210 graus, però varia segons el fabricant. Un servo normal s'usa per controlar un moviment angular d'entre 0 i 180. La quantitat de voltatge aplicat al motor és proporcional a la distància que aquest necessita viatjar, gràcies al control proporcional. Així, si l'eix necessita tornar una distància gran, el motor tornarà a tota velocitat. Si aquest necessita tornar només una petita quantitat, el motor anirà a una velocitat més lenta.



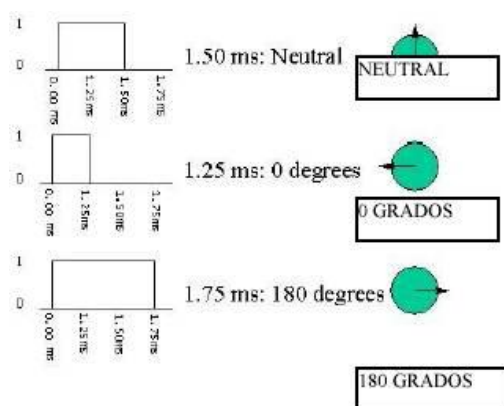
Imatge 36: Circuit intern servomotor

### Característiques

Aquests servos tenen un amplificador, servomotor, pinyons de reducció i un potenciòmetre de realimentació; tot incorporat en el mateix conjunt. Els servos tenen tres cables de connexió elèctrica; Vcc, GND, i entrada de control (de posició).



Imatge 37: Senyal exemple servo



Imatge 38: Control de posició del servo





El control dels graus tal i com s'observa en la figura depen de la durada del pols en l'estat 1. El servo espera un pols cada 20 milisegons (.02 segons). La longitud del pols determinarà el girs de motor. Un pols de 1.5 ms farà que el motor es mogui a 90º (posició neutra). Si el pols és menor de 1.5 ms es mourà cap a 0º i si el pols és superior de 1.5ms cap a 180º.

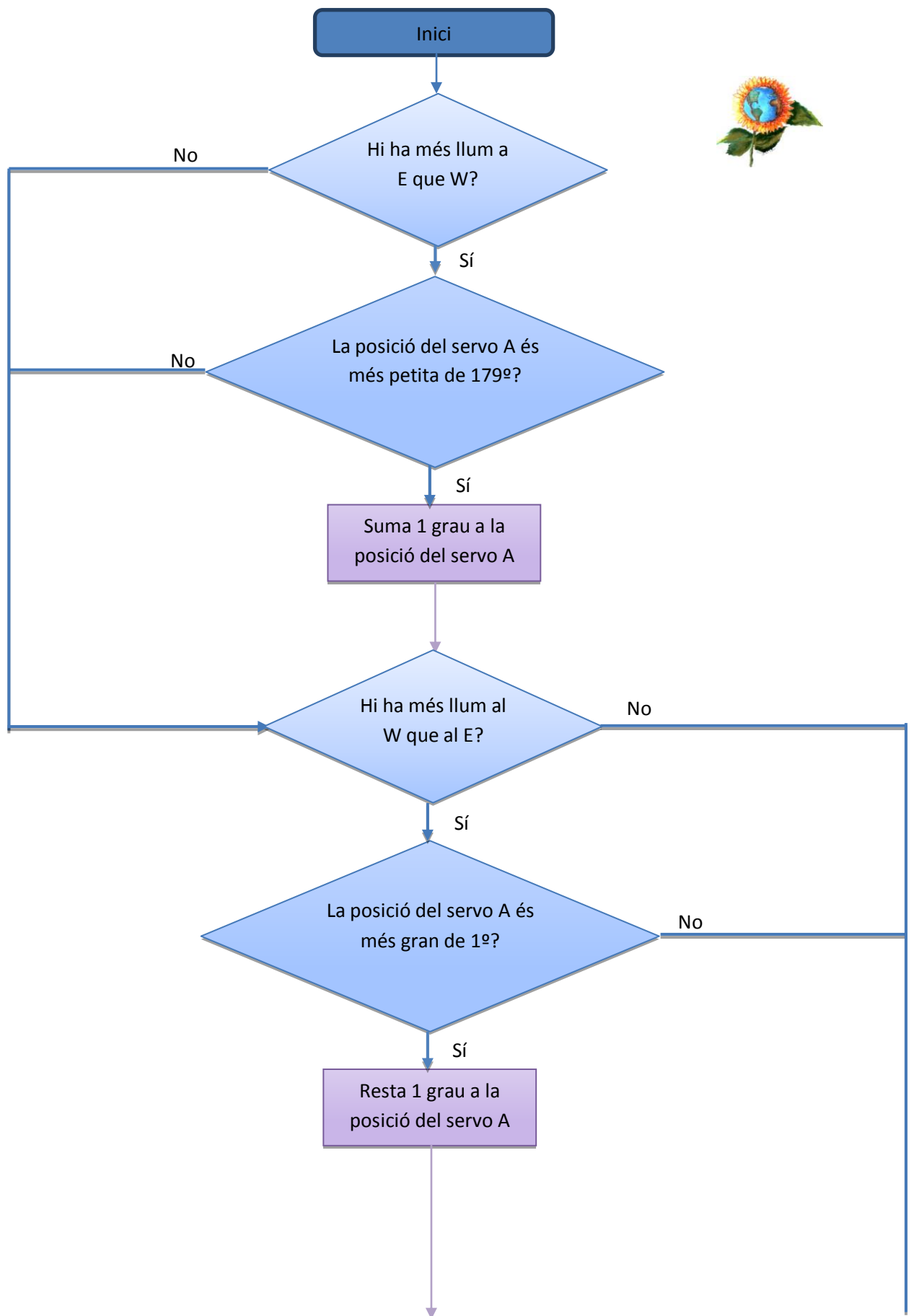
## **5.5.PROGRAMA ARDUINO**

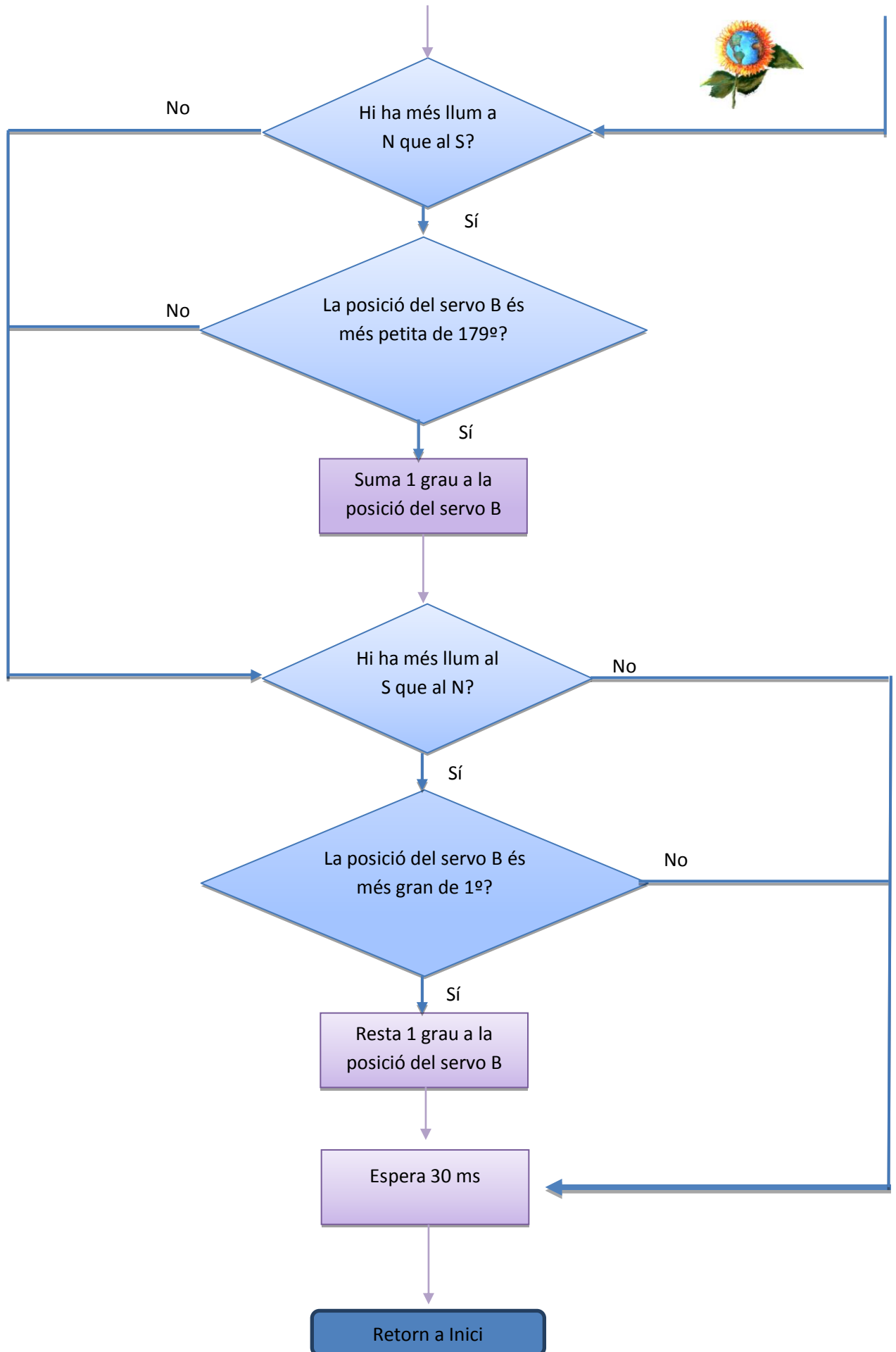
### **Objectiu**

L'objectiu de la programació amb l'Arduino UNO és el control dels 2 servomotors a partir dels 4 LDR que és el sistema sensor i detector del focus de llum. Gràcies a la comparativa de la diferència de la tensió entre els LDR arribem a establitzar tot el sistema perquè segueixi el focus de llum.

### **Flux programa**

Per facilitar la programació he nominat els servomotors com ServoA i ServoB; i els grups de LDR + R segons la seva ubicació com a NE, SE, SW i NW (seguint els punts cardinals). Veieu Annex 2: PROGRAMA ARDUINO







## 6. ESPECIFICACIONES COMPONENTS

### Panel solar fotovoltaico, Policristalino, 0.446W, 4.6V



Imatge 39: Panell solar fotovoltaic

#### Datos del Producto

##### Células solares de baja potencia

Dos paneles solares de baja potencia en bastidor. Cada uno se suministra completo con un soporte integrado y cables aéreos de 0,8 m.

El bastidor de plástico negro proporciona protección a la parte posterior y los bordes del panel. Los orificios de montaje integrados facilitan la instalación. Adecuado para la carga de baterías de cadmio níquel y baterías dryfit de pequeño tamaño

##### Cargadores para paneles solares

##### Paneles solares

Los paneles solares "fotovoltaicos" utilizan la energía solar para generar electricidad y pueden utilizarse en diversas aplicaciones, desde calculadoras hasta hogares. Son los más efectivos, versátiles y económicos en muchas aplicaciones comerciales y de ocio para cargar baterías de 12/24 V.

Los paneles solares proporcionan energía a través de las baterías aisladas de la red y se utilizan ampliamente en aplicaciones de telecomunicaciones y telemetría. Los paneles solares permiten una instalación rápida de equipo en emplazamientos remotos, temporales o permanentes, evitando los costes y la incomodidad de la conexión en red. Están diseñados para ofrecer un mantenimiento muy bajo y una larga vida útil.



### ¿Cuánta potencia?

La producción diaria de energía de un panel solar puede calcularse multiplicando la potencia nominal máxima del panel por cifras entre 0,5 y 6, según la época del año, el ángulo y la ubicación. Por ejemplo, un panel solar de 80 vatios produce una corriente máxima de 4,55 A. En verano, si se coloca plano puede producir entre 20 y 27 Ah por día. En invierno, a 60° orientado hacia el sur puede producir entre 4,55 y 9,1 Ah por día.

### Instalación solar

Los paneles solares suelen instalarse con un ángulo de 55-65° para un funcionamiento óptimo en invierno. Para disfrutar de suministro todo el año, los paneles pueden combinarse con cargadores eólicos.

Los paneles solares pueden conectarse en paralelo para aumentar la potencia y en serie para aumentar la tensión.

Para completar el sistema, se requieren baterías de ciclo profundo, un regulador de tensión y cables eléctricos para mantener el sistema en funcionamiento. Hay una serie de juegos de montaje sencillo disponibles para montaje en poste o pared

### Kits de conectores de red:

Kits de energía solar que suministran electricidad por conexión de red desviando la electricidad usada. Disponibles a través de Product Plus. Estos sistemas de montaje en techo están disponibles a partir de 8 metros cuadrados para 1 kW.

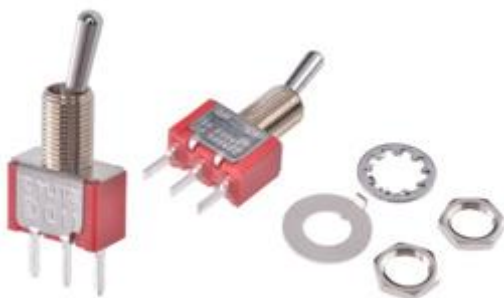
## Especificaciones

Ancho	66.8mm
Dimensiones	114.3 x 66.8 x 3mm
Longitud:	114.3mm
Potencia nominal	0.446W
Profundidad	3mm
Temperatura máxima	+85°C
Temperatura mínima	-40°C
Tensión de circuito abierto	4.6V
Type	Policristalino

Taula 4: Especificacions panell solar fotovoltaic



## Interruptor de palanca SPDT, Funcionamiento On-On



Imatge 40: Interruptor de palanca

### Datos del Producto

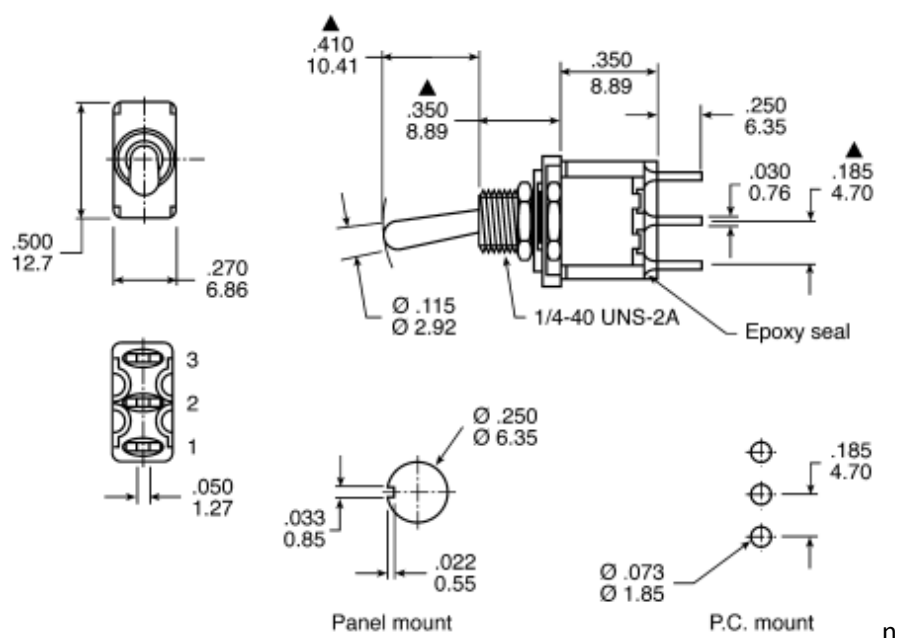
Interruptores de Palanca para PCB/Panel

Terminales sellados con epoxi que previenen la contaminación durante la soldadura  
Actuador de latón chapado en cromo  
Carcasa de ftalato de dialilo (DAP) (UL94V-0)  
Contactos de plata

Los productos con aprobación profesional RS ofrecen piezas de calidad profesional en todas las categorías de productos. Nuestra gama ha sido probada por ingenieros, lo que proporciona una calidad comparable a la de las principales marcas sin necesidad de pagar un alto precio.

Certificados

UL E187490



Imatge 41: Dimensions interruptor de palanca

### Interruptores de palanca

<b>Función momentánea</b> (retorno de resorte):	El interruptor o disyuntor vuelve a su posición original al quitar la carga. (Por ejemplo, un pulsador de timbre)
<b>Función de enclavamiento:</b>	El interruptor o disyuntor se mantiene (parado) en la nueva posición después de quitar la carga.

### Especificaciones

Configuración del Contacto	SPDT
Funcionamiento del Interruptor	On-On
Longitud del Actuador	10.41mm
Material del Actuador	Latón
Material del Contacto	Aleación de cobre
Rango de Temperatura de Funcionamiento	-30 → +85°C
Resistencia del Contacto	10mΩ
Temperatura Máxima de Funcionamiento	+85°C
Temperatura Mínima de Funcionamiento	-30°C
Tipo de Montaje	PCB
Tipo de Terminal	Orificio Pasante
Valor Nominal del Contacto	5 A a 250 V ac
Vida Útil Mecánica	40000Cycles

Taula 5: Especificacions interruptor de palanca



## Soportes para baterías Montaje Chasis para 2 (AA) tipo Muelle en Espiral



Imatge 42: Portabateries per 2 (AA)

### Datos del Producto

#### Soportes Simples y Múltiples para Baterías

Se utiliza para contener baterías insertadas en compartimientos para baterías. Puede montarse utilizando orificios de fijación en la base.

Los productos con aprobación profesional RS ofrecen piezas de calidad profesional en todas las categorías de productos. Nuestra gama ha sido probada por ingenieros, lo que proporciona una calidad comparable a la de las principales marcas sin necesidad de pagar un alto precio.

#### Nota

Hay disponibles contactos de encaje a presión (código RS 489-021).

Compartimentos y Soportes para Baterías, Montaje en Panel

### Especificaciones

Para Tamaño de Batería	2 x AA
Número de Baterías	2 (AA)
Montaje	Chasis
Tipo	Portabaterías
Dimensiones	57.6 x 31.2 x 15mm
Tipo de Contactos	Muelle en Espiral
Material del Cuerpo	Polietileno

Taula 6: Especificacions portabateries





## Pilas Recargables AA, Duracell Staycharged, Níquel Metal Hidruro, 2400mAh



Imatge 43: Piles recarregables AA

### Datos del Producto

Batería NiMH recargable Duracell STAYCHARGED

Las baterías NiMH Duracell Stay Charged vienen precargadas para su uso inmediato, y ahora incluyen la tecnología DURALOCK por lo que pueden durar hasta 5 años guardadas sin utilizarse

Permanece cargada hasta 6 meses.\*  
Precargada, lista para utilizarse inmediatamente  
1 carga de hasta 75 horas en ratón inalámbrico  
1 carga para hasta 450 fotografías  
Abertura reajutable de liberación por presión

Nota

\*Cuando no está en uso

Cargadores y baterías recargables de NiMH, electrónica de consumo

### Especificaciones

Capacidad	2400mAh
Gama de la Marca	Duracell Staycharged
Química	Níquel Metal Hidruro
Tamaño	AA
Tipo de Terminal	Estándar

Taula 7: Piles recarregables AA



## Voltímetro de panel digital, Lascar, LED, Solo Dígitos, 3.5 Dígitos, DC, 0°C a +50°C



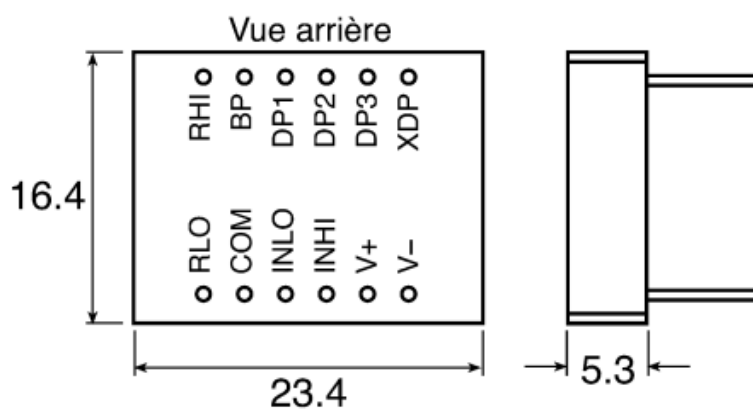
Imatge 44: Voltímetre de panell digital

### Datos del Producto

8 mm, 3,5 dígitos

Diseño de encaje a presión de una pieza  
 Puntos decimales seleccionables por el usuario  
 Diseño compacto  
 Dimensiones: 16,4 (Alt.) x 23,4 (Anch.) x 10,9 (Prof.) mm  
 Profundidad detrás del panel: 5,5 mm

### Taille réelle



Dimensions en mm

Imatge 45: Dimensions voltímetre de panell digital

LED, dígitos de 8 a 10 mm de altura

### Especificaciones

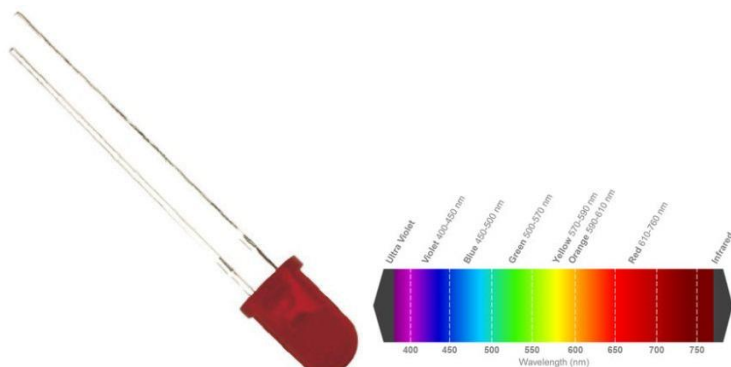
Altura de inserción	16.4mm
---------------------	--------



Anchura de inserción	23.4mm
Efecto Analógico	Solo Dígitos
Número de Dígitos	3.5
Precisión del Medidor	±1%
Temperatura Máxima	+50°C
Temperatura Mínima	0°C
Tipo de Corriente	DC
Tipo de Display	LED



## LED Kingbright, Montaje en orificio pasante, Rojo, 660 nm, 5 mcd, 2,25 V, 60°, Serie Round, 5 mm (T-1 3/4)



### Datos del Producto

Serie de LED de orificio pasante redondo de 5 mm - Kingbright

Esta familia de LED de Kingbright consta de lámparas LED de 5 mm (T-1 3/4) de orificio pasante. Disponibles en una amplia variedad de opciones de color, estos LED están disponibles con tipo de lente difuso o transparente. Estos LED ofrecen un bajo consumo de potencia y una larga vida útil, y cuentan con una carcasa estándar industrial resistente y fiable.

LED de luz visible, Kingbright

### Especificaciones

Color de la Lente	Rojo
Colores del LED	Rojo
Dimensiones	5 x 8.6mm
Forma de la Lente	Redonda
Intensidad Luminosa	5 mcd
Longitud de Onda Predominante	660 nm
Material del LED	GaP
Número de LEDs	1
Número de Pines	2
Serie	Round
Tensión Directa	2,25 V
Tipo de Montaje	Montaje en orificio pasante
Tipo de Paquete	5 mm (T-1 3/4)
Ángulo de Exposición	60 °



## Resistencia de película de metal, TE Connectivity, 10k $\Omega$ , $\pm 1\%$ , 0,6W, Axial, Serie LR1F



### Datos del Producto

0,6 W serie LR1F 10R - 1M0, axial

Resistencias fijas de película metálica, serie LR  
Resistencias de película metálica de calidad superior con tolerancia del 1% y coeficientes de temperatura bajos de hasta 50 ppm  
Hay 3 tamaños de carcasa disponibles: 0,25, 0,6, 0,75 W.  
La serie LR1L presenta un rango de valores óhmicos muy bajo de 0,1 a 0,82 ohmios. Especialmente idóneos en situaciones que requieren baja resistencia y tamaño reducido  
Las resistencias de película metálica tienen una excelente estabilidad bajo carga y en condiciones ambientales exigentes  
Presentan bajos coeficientes de tensión y corriente de ruido  
Están disponibles en una amplia gama de valores de resistencia y son ideales para aplicaciones de precisión y uso general

Potencia a 70 °C	0,6 W
Tolerancia de resistencia	$\pm 1\%$
Coefficiente de temperatura	$\pm 50$ ppm / °C
Temperaturas de funcionamiento	-55 °C $\rightarrow$ +155 °C
Tensión nominal de limitación	350 Vdc
Resistencia de aislamiento	1.000 M $\Omega$
Tensión de sobrecarga:	700 Vdc (máx.)
Rigidez dieléctrica	700 Vdc
Longitud de cuerpo	6,2 mm
Diámetro de cuerpo	2,3 mm
Longitud del cable	25 mm
Diámetro del cable	0,55 mm

### Nota

Esta serie de resistencias tiene un valor nominal de 0,6 W (especificación comercial) y 0,25 W (especificación militar CECC).

Axial - 0,5 - 0,75 W y enlaces de cero ohmios

Resistencias de película metálica de alta estabilidad. Nivel de ruido en corriente muy bajo con coeficiente bajo de temperatura y tolerancia limitada.

### Especificaciones



Coeficiente de Temperatura	±50ppm/°C
Dimensiones	2.3 (Dia.) x 6.2mm
Diámetro	2.3mm
Estilo de Terminación	Axial
Longitud	6.2mm
Máxima Temperatura de Funcionamiento	+155°C
Máximo Coeficiente de Temperatura	+50ppm/°C
Mínima Temperatura de Funcionamiento	-55°C
Mínimo Coeficiente de Temperatura	-50ppm/°C
Potencia Nominal	0.6W
Resistencia	10kΩ
Serie	LR1F
Tecnología	Película de Metal
Tolerancia	±1%



### PLA 3mm 1kg (ORANGE, YELLOW, LIGHT GREEN I SKY BLUE)

El material més fàcil d'imprimir, el PLA, és un material d'origen vegetal i, per tant, biodegradable i sense olors al desfer-se. Les peces impreses en PLA tenen un bon acabat superficial encara que les capes siguin ben visibles. Imprimint amb PLA no és necessari escalfar la base calefactada, no obstant, amb una temperatura de 50°C es garanteix una notable impressió en totes les condicions.

<b>Diàmetre</b>	3 mm
<b>Pes</b>	1 kg
<b>Consell d'impressió</b>	50°C de temperatura a la base calefactada t'ajudaran a mantenir les peces enganxades i no preocupar-te en impressions llargues

Taula 8: Especificacions PLA 3mm 1kg



## 7. PRESSUPOST

### 7.1.BLOC 1: CIRCUIT PLACA

	Referència	PREU / UNITAT	UNITATS	PREU TOTAL
Panel solar fotovoltaic, Policristalí, 0.446W, 4.6V	Código RS 194-127	33,34€	1	33,34€
Interruptor de palanca SPDT, Funcionamiento On- On	Código RS 401-703	1,57€	2	3,14€
Soportes para baterías Montaje Chasis para 2 (AA) tipo Muelle en Espiral	Código RS 512-3580	0,86€	1	0,86€
Piles recarregables	Código RS 791-5987	3,808€/4 unitats	4	3,808€
Display: Voltímetro de panel digital, Lascar, LED, Solo Dígitos, 3.5 Dígitos, DC, 0°C a +50°C	Código RS 446-2137	26,53 €/1 unitat	1	26,53€
LED Kingbright, Montaje en orificio pasante, Rojo, 660 nm, 5 mcd, 2,25 V, 60°, Serie Round, 5 mm (T-1 3/4)	Código RS 228-5988	0,078€/5 unitats	5	0,078€
Resistencia de película de metal, TE Connectivity, 10kΩ, ±1%, 0,6W, Axial, Serie LR1F	Código RS 148-736	0,043€/10 unitats	10	0,043€
Subtotal				73,02 €

Taula 9: Pressupost circuit placa

### 7.2.BLOC 2: DISSENY GIRASOL

	Referència	PREU / UNITAT	UNITATS	PREU TOTAL
ORANGE	<a href="http://www.bcn3dtechnologies.com/ca/cata">http://www.bcn3dtechnologies.com/ca/cata</a>	16,95€/Kg	1	16,95€
YELLOW		16,95€/Kg	1	16,95€





LIGHT GREEN	log/pla-3mm	16,95€/Kg	1	16,95€
SKY BLUE		16,95€/Kg	1	16,95€
BASE 3 PRESES AMB INTERRUPTOR BLANC	0737325000	5,49	1	5,49
Base alimentación chasis 1.3 m/m	Ref.: 210464	0,81€	1	0,81€
FEMELLA ZINCADA DIN 934 M2		0,008	5	0,04
ARANDELES STANDARD DIN 125 ZINCADAS M4		0,006	25	0,15
FEMELLA ZINCADA DIN934 M4		0,008	15	0,12
PASADOR ELASTICO DIN 1481 4X20		0,030	3	0,09
PASADOR ELASTICO DIN 1481 5X20		0,040	3	0,12
ARANDELES SATANDARD DIN 125 ZINCADAS M3		0,004	10	0,04
CARGOL DIN 912-8.8-M 4X30		0,045	5	0,23
CARGOL DIN 933 C/HEXAGONAL ZINC. M4 X		0,075	5	0,38
CARGOL DIN 84 C/CILINDRICA ZINC. M3X10		0,013	5	0,07
Resina epoxy líquida	XTC-3D	18,09	1	18,09
			Subtotal	93,43 €

Taula 10: Pressupost disseny gira-sol

### 7.3.BLOC 3: CONTROL ARDUINO

	Referència	PREU / UNITAT	UNITATS	PREU TOTAL
Arduino Uno Atmel Atmega 328 MCU board	Código RS 715-4081	21,57 €/u	1	21,15 €
Servomotor	HS-645MG	31,90	3	95,7 €
Resistencia Dependiente de Luz (LDR) Silonex, CdS Montaje en orificio pasante TO-18	Código RS 596-141	1,27€/unitat	4	5,08€
Resistencia Dependiente de Luz (LDR) Excelitas Technologies, CdS, 8 $\Omega$ $\rightarrow$ 300 k $\Omega$	Código RS 234-1050	1,79 € / 5 unitats	4	8,95 €
Resistències	Código RS707-7666	0,02 €/10 unitats	10	0,20 €
Alimentador conmutat 800 mA 3-12V	Ref.: 330099	12,82€ c/u.	2	25,64 €
Allargo de cable de servo de 45 cm. con conector jr		4	2	8
			Subtotal	189,75 €

Taula 11: Pressupost control arduino



## 7.4.PRESSUPOST TOTAL

Pressupost total	
Bloc 1: Circuit Placa	73,02 €
Bloc 2: Disseny gira-sol	75,34 €
Bloc 3: Control Arduino	189,75 €
Pressupost total projecte	356,20 €

Taula 12: Pressupost total maqueta



## 8. CONCLUSIONS

### 8.1.Objectius complerts

Després de la realització de tot el projecte puc afirmar que s'han complert els objectius marcat. Els acabats de la maqueta han estat els desitjats, no presenta defecte i s'hi han inclòs tots els detalls que he cregut necessaris. Té un aspecte atractiu i desperta la curiositat del qui ho observa. A més a més el funcionament marcat del seguiment de llum també ha estat aconseguit, el cap de la flor segueix el focus de llum més proper.

Fora dels objectius i per millorar els acabats la realització de la caixa de transport fa que en es pugui dur en facilitat als esdeveniments que la universitat desitgi.

### 8.2.Propostes de millora

Considero que una possible millora de disseny seria posar un canal a la part superior de la peça, que representa el calze de la flor, exclusiu pels cables que han de recorre els 4 punts on s'ubiquen els conjunts LDR+R.

També crec que si ho hagués de repetir faria les impressions en 3D en menys quantitat de material. A més, al tenir totes les mides reals i les masses totals, faria els servomotors amb un dimensionament més exacte. Cosa que en el seu moment, a causa de que era urgent tancar pressupostos vaig fer un càlcul aproximat de les dimensions i les característiques que haurien de complir els servos.

Una altra opció que m'hauria agradat, seria que la maqueta fos desmuntable. Perquè per estabilitzar-se en una posició neutre requereix l'alimentació externa.

A més, per culpa de les dimensions de la placa que genera molt poca corrent elèctrica, proposo fer-ne un altre amb el doble de placa per poder tenir més opcions d'aprofitament de l'energia.

### 8.3.Valoració personal

Personalment, ha estat un repte, ja que, inicialment no sabia ni arduino, ni Solidworks, ni com funcionava una impressora 3D, ni imaginar com fer una placa PCB (el disseny i tot el que implica). Però amb paciència, dedicació i amb el suport de totes les persones que m'han ajudat (citades als agraïments), he arribat a fer realitat la maqueta.

Gràcies a la realització d'aquest projecte ara he augmentat en escriure els coneixements esmentats.

A nivell personal, n'he gaudit durant la realització, però també en cada moment que explicava a algú el meu projecte i literalment "al·lucinaven" amb tot: la impressió 3D, el disseny de les peces, que la flor realment segueixi la llum...



## 9. BIBLIOGRAFIA

### Bibliografía

*Més enllà del petroli.* (25 de maig de 2012). Recuperado el 9 de 1 de 2016, de Bloc del treball de recerca sobre el present i el futur de les energies:  
<http://mesenlladelpetroli.blogspot.com.es/2012/05/avantatges-i-inconvenients-de-lenergia.html>

*LES FLORS.* (20 de 09 de 2015). Obtenido de  
<https://www.nohihaquienspari.com/Botanica/Tematiques/Teoria/flors.htm>

Arduino. (2016). Recuperado el 22 de 09 de 2015, de  
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

El Centro de Tesis, Documentos, Publicaciones y Recursos Educativos más amplio de la Red. (2010). *La energía solar fotovoltaica y sus aplicaciones.* Recuperado el 06 de 01 de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos82/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones2.shtml>

*EL SERVOMOTOR.* (s.f.). Recuperado el 08 de 01 de 2016, de <http://www.info-ab.uclm.es/labelec/solar/electronica/elementos/servomotor.htm>

filament2print. (2016). *filament2print.* Recuperado el 2016 de 01 de 15, de  
<http://www.filament2print.com/producto/xtc-3d/>

Fischbach, J. (2009). *Asistente Interactive Lab.* Kerpen (Sindorf), Alemania: LUCAS-NÜLLE.

Fundació Privada Centre CIM. (2016). *BCN3D TECHNOLOGIES.* Recuperado el 26 de 06 de 2015, de <http://www.bcn3dtechnologies.com/ca/catalog/pla-3mm>

rs Componentes electronicos. (2016). *RS.* Recuperado el 01 de 10 de 2015, de <http://es.rs-online.com/web/>

Wikipedia. (01 de juliol de 2014). *Divisor de tensió.* Recuperado el 08 de 01 de 2015, de [https://ca.wikipedia.org/wiki/Divisor\\_de\\_tensi%C3%B3](https://ca.wikipedia.org/wiki/Divisor_de_tensi%C3%B3)

Wikipedia. (08 de desembre de 2015). *Bateria recarregable.* Recuperado el 08 de 01 de 2016, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa\\_recargable](https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_recargable)

Wikipedia. (11 / gener / 2016). *Energía solar fotovoltaica.* Consultat el 01 / 09 / 2016, a [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica)